

УДК 621.321

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГЛАВНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТЭЦ-5

Голуб Я.В., Чумаченко М.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Старжинский А. Л.

Для обеспечения надежности электроснабжения при проектировании и эксплуатации энергосистем и электрических сетей необходимо производить расчет надежности, который включает в себя расчет вероятности отказов элементов схемы, времени простоя оборудования. Для расчета надежности в этой работе используется программа “ТОPAS”.

Пакет программы предназначен для вычисления частот и длительностей возможных аварийных режимов схемы, сопровождающихся отключением от сети генераторов, ВЛ, РТСН и трансформаторов связи, определения количества логических путей развития аварий (конъюнкций), а также величины снижения генерируемой в систему мощности и соответствующего недоотпуска электрической энергии с учетом имеющегося в системе резерва.

Эффективный способ описания схем электрических соединений ЭС достигается при использовании коммутационного графа, ветвями которого являются КА различных типов, а узлами-остальными связываемые ими элементы схемы. Достоинство данного графа состоит и в том, что он обеспечивает необходимую точность топологической модели, простоту описания состояний схемы и возможность перехода к любому другому графу в конкретных задачах исследования схем.

Гибким и эффективным подходом при моделировании надежности схем электрических соединений ЭС является логико-цифровой компьютерный анализ, позволяющий производить описание схем с использованием наиболее экономичных матриц, обеспечивающих минимальную трудоемкость подготовки исходных данных.

В соответствии с намеченными расчетными множествами аварийных состояний схемы рассматриваются конкретные пути их возможной реализации в j -ом режиме при повреждении ее i -ого элемента с последующей нормальной локализацией аварии и при отказах в срабатывании РЗА и КА, а также при переходе к его аварийному восстановлению после проведения оперативных переключений персоналом станции.

В данной работе был выполнен расчет надежности ТЭЦ-5. На станции установлены 2 генератора мощностью 320 МВА. РУ-330 кВ выполнено по схеме 3/2. При отключении одного выключателя все другие остаются в работе. Обладает высокой надежностью. Отключение КЗ на линии с двумя выключателями приводит к общему увеличению ревизий выключателей, удорожание конструкций РУ при нечетном присоединении. Увеличение количества выключателей в схеме. Снижение надежности если количество линий не соответствует числу трансформаторов. Также есть связь с ОРУ 110 кВ через автотрансформатор связи. Часть вырабатываемой энергии передается по 4-ем ВЛ-330 кВ на 4 подстанции: Белорусская, Колядичи, Восточная, Борисов.

Оставшаяся мощность выдается на напряжение 110 кВ, где распределяется между подстанциями Руденск Тяговая, Дубовый Лес № 2 и № 1, Марьина Горка по 4-ем ВЛ-110 кВ. Схема ТЭЦ-5 представлена на рис.1

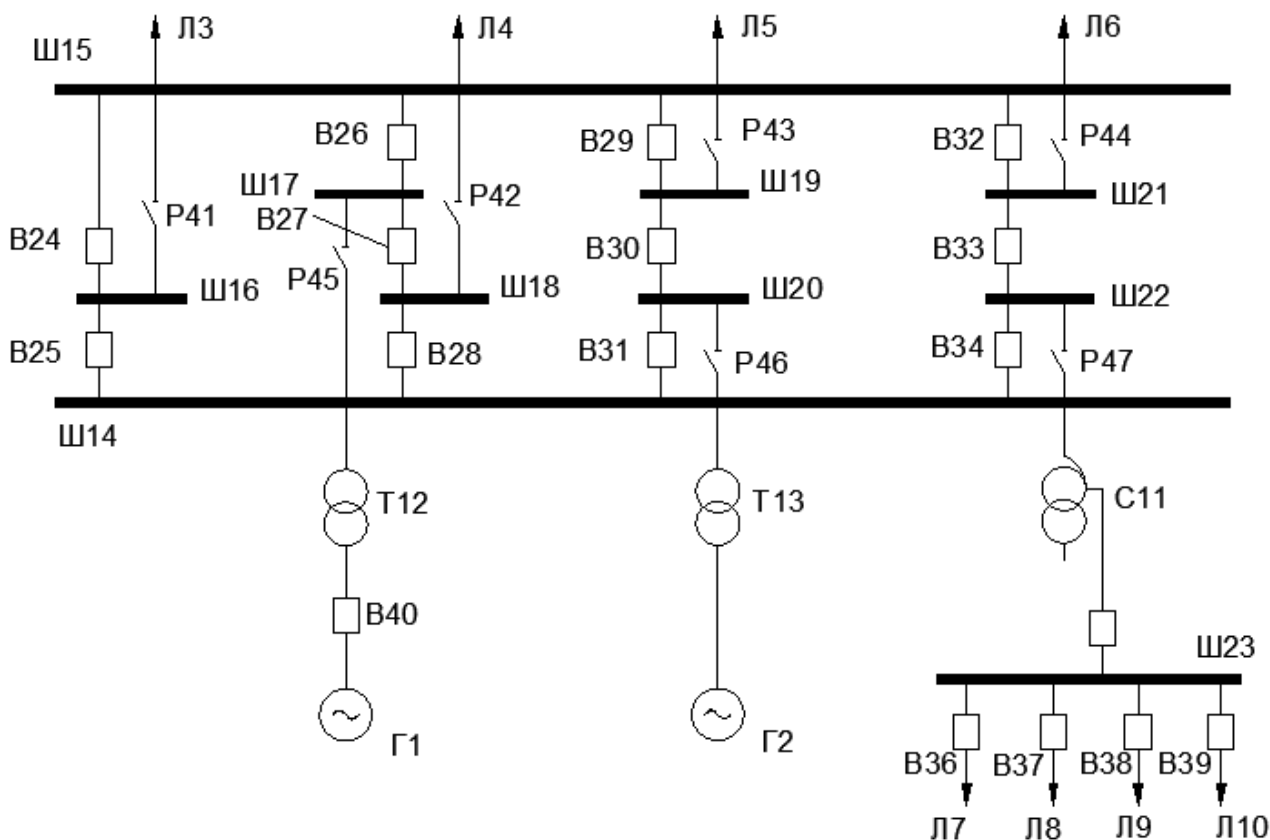


Рисунок 2 - Схема электроснабжения ТЭЦ-5

Список условных сокращений на схеме:

Л – линия; Г – генератор; Т – блочный трансформатор, В – выключатель; Р – разъединитель, С-автотрансформатор, Ш-шина.

Для описания надежности основного электрического оборудования используют следующие показатели:

- частота отказов;
- длительности послеаварийного восстановления;
- частоты плановых ремонтов;
- длительности плановых ремонтов;
- вероятности отказов в срабатывании основных комплектов РЗ при возникновении КЗ;
- вероятности отказа в срабатывании при отключении КЗ (только для выключателей).

Вычисление логических показателей надежности главной схемы осуществляется на основе определения количества комбинаций событий (конъюнкций) $C9k$), приводящих к отказу ее функционирования k -ого вида:

$$C(k) = \sum_i \sum_j \sum_s L(k), \quad (1)$$

Где $L(k)$ -логическая функция, принимающая значения 0 или 1.

Вычисление частот отказов функционирования k -ого вида $L(k)$ и длительностей аварийного восстановления $T(k)$ в общем случае осуществляется по выражениям:

$$\lambda(k) = \sum_j \sum_i q(j) \lambda(i) Q(s/i) L(k); \quad (2)$$

$$T(k) = \frac{1}{\lambda(k)} \sum_j \sum_i q(j) \lambda(i) \min \left\{ \frac{t(j)}{2}; t(i); t_{o.n.} \right. \\ \left. * Q(s/i) L(k), \right. \quad (3)$$

где $q(j)$ -относительная длительность j -ого ремонтного режима(о.е.)

$\lambda(k)$ – частота повреждения i -ого элемента схемы (1/год);

$t(i)$ – длительность послеаварийного восстановления i -ого элемента схемы (ч);

$t(j)$ – длительности j -ого ремонтного режима работы схемы (ч);

$t_{o.n.}$ – время оперативных переключений (ч);

$Q(s/i)$ – вероятность отказа в срабатывании s -ого устройства РЗ или КА.

Коэффициент неготовности потребителей k_H вычислим по формуле:

$$k_H = \frac{T \lambda}{8760} \quad (4)$$

Для расчета с использованием программы TOPAS необходимо пронумеровать все элементы схемы в строго определенном заранее порядке:

- 1) Генераторы;
- 2) Линии;
- 3) РТСН;
- 4) Автотрансформаторы, трансформаторы связи;
- 5) Блочные трансформаторы;
- 6) Сборные шины;
- 7) Выключатели;
- 8) Разъединители

Составляем матрицу связности: каждому коммутационному аппарату задается номер подходящих к нему узлов.

Исходные данные отражены в таблице 1-2.

Таблица 1 – Элементы схемы

Число энергоблоков (Б)	2
Число генераторов (Г)	2
Число линий электропередачи (Л)	8
Число РТСН (Н)	0
Число трансформаторов связи (С)	1
Число блочных трансформаторов (Т)	2
Число сборных шин (Ш)	10
Число выключателей (В)	17
Число разъединителей	7

Таблица 2 – Показатели надежности элементов электростанции

Элемент	Частота отказа λ , 1/год	Время послеаварийного восстановления $T_{в}$, ч	Частота планового ремонта $\lambda_{рем}$, 1/год	Длительность планового ремонта $T_{рем}$, ч
Линия 330 кВ	0,008	153	4	77,8
Линия 110 кВ	0,03	14	3,6	50
Генератор	0,5	83	1	660
Трансформатор	0,08	100	0,75	50
Сборные шины 330 кВ	0,078	10	0,996	18
Сборные шины 110 кВ	0,096	8	0,996	24
Выключатель 330 кВ	0,007	40	0,2	40
Выключатель 110 кВ	0,07	25	0,2	25

Результаты расчета сведены в таблицу 3.

Таблица 3. – Результаты расчета схемы

Код аварии	Суммарная частота 1/год	Среднее время восст, ч	Коэф. неготовности
2Г 8Л	.622E+00	72.26	5.13E-03
1Г	.823E+00	59.62	5.60E-03
1Г 4Л	.244E+00	12.51	3.48E-04
1Г 1Л	.511E+01	70.11	4.09E-02
1Г 7Л	.103E-02	2.69	3.16E-07
1Г 5Л	.179E-01	61.66	1.26E-04
1Г 2Л	.107E-01	77.14	9.42E-05
1Г 6Л	.346E-04	1.00	3.95E-09
1Г 3Л	.368E-06	1.00	4.20E-11

Выводы:

По результатам расчетов можно сделать вывод, что полный отказ станции происходит раз в полтора года. Наиболее вероятным является отказ одного генератора и одной линии. Наименее вероятным является отказ одного генератора и трех линий.

Литература

1. Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов Проектирование схем электроустановок. -2е изд.- М., издательский дом МЭИ, 2006.
2. Электротехнический справочник: в 4 т. / под общ. ред. В. Г. Герасимо- ва [и др.]. – 9-е изд. – М.: МЭИ, 2003. – Т. 3: Производство, передача и распределение электрической энергии. – 2004. – 964 с.